

**EFFECTO DE LAS ALTAS TEMPERATURAS SOBRE EL DESARROLLO Y  
PRODUCCIÓN DE 35 GENOTIPOS DE FRIJOL COMÚN (*Phaseolus vulgaris* L.)**

**EMERSON JAVIER ROJAS MARIN**

**Trabajo de grado presentado como requisito para optar el título de  
Ingeniero Agrónomo**

**Director de la tesis**

**HERNÁN JAIR ANDRADE CASTAÑEDA; Ph.D.**

**Co-director**

**IDUPULAPATI RAO; Ph.D.**

**UNIVERSIDAD DEL TOLIMA**

**FACULTAD DE INGENIERÍA AGRONÓMICA**

**INGENIERIA AGRONÓMICA**

**IBAGUE**

**2015**

**FACULTAD DE INGENIERÍA AGRONÓMICA  
COMITÉ DE INVESTIGACIONES  
ACTA DE SUSTENTACIÓN**

**Estudiante: EMERSON JAVIER ROJAS MARIN  
INGENIERÍA AGRONÓMICA**

**TÍTULO:** EFECTO DE ALTAS TEMPERATURAS SOBRE EL DESARROLLO Y PRODUCCIÓN DE 35  
GENOTIPOS DE FRIJOL COMÚN (*Phaseolus vulgaris* L.)

**Fecha Sustentación:** OCTUBRE 28 de 2015

**Director:** HERNÁN JAIR ANDRADE CASTAÑEDA

**Jurado No.1:** JAVIER FERNANDO OSORIO SARAIVA

**Jurado No.2:** RAFAEL FLOREZ FAURA

Factores Evaluados	Jurado 1	Jurado 2	Definitiva
Relevancia Científica (30%)	5,0	5,0	1,50
Complejidad y Profundidad (20%)	4,8	4,8	0,96
Calidad Estructural (10%)	5,0	5,0	0,50
Estilo y Presentación (10%)	4,9	4,8	0,49
Sustentación del trabajo (30%)	5,0	5,0	1,50
Definitiva			<b>5,00</b>



**JOSE FERNANDO SOLANILLA DUQUE  
Coordinador del Comité de Investigaciones**

## DEDICATORIA

- Principalmente a mi Señor Dios por ser fuente de inspiración, de sabiduría e inteligencia en este trabajo, en mi carrera profesional y por estar en todo lo que hago. A Él sea toda la Gloria y el reconocimiento. *Colosenses 3:23*.
- A mi papá Javier Rojas y a mi hermana Jessica Rojas por su apoyo y amor incondicional, por soportarme en todo este tiempo y motivarme todos los días a salir adelante.
- A mi madre Marlén y Marín que aunque ya no está con nosotros, sé que desde el Cielo está orgullosa de mí.
- A mis suegros Germán e Irma, mi cuñado Felipe y en especial mi novia Mariam Duarte por apoyarme y motivarme todos los días a salir adelante.

## AGRADECIMIENTOS

El autor expresa sus agradecimientos a:

- La Universidad del Tolima y a la facultad de Ingeniería Agronómica por abrirme sus puertas para estudiar y formarme como profesional.
- Al Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), en especial a ustedes por darme esta grande oportunidad de trabajar con ustedes y de financiar y apoyar física e intelectualmente mi trabajo de grado.
- Al departamento de Frijol del CIAT y su equipo de trabajo.
- A José Polanía y al Dr Idupulapati Rao por orientar mi trabajo y facilitarme gran parte de su conocimiento y experiencia, además de abrirme las puertas a CIAT.
- A Hernán J. Andrade, por orientarme en este trabajo. Agradezco su paciencia, su conocimiento y experiencia.
- Al Grupo PROECUT a Diana, Alexandra, Pilar, Érika, Miguel y Sebastián por sus sugerencias y ayuda.
- A Néstor Chaves, César Cajiao, Héctor Buendía, Edilfonso Melo, Nadia Montilla, Gersaín y Orlando por la ayuda y experiencia brindada para este trabajo.
- A Alfonso Sánchez, por la ayuda incondicional y enseñanza en el análisis estadístico de este trabajo.

## **CONTENIDO**

	<b>Pág.</b>
<b>INTRODUCCIÓN</b>	17
<b>1. JUSTIFICACIÓN</b>	20
<b>2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA</b>	22
<b>3. OBJETIVOS</b>	23
3.1 OBJETIVO GENERAL	23
3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	23
<b>4. MARCO TEÓRICO</b>	24
4.1 CARACTERÍSTICAS IMPORTANTES DEL FRIJOL	24
4.2 INFLUENCIA DEL CAMBIO CLIMÁTICO EN EL FRÍJOL	28
4.3 ORIGEN DE LAS LINEAS SEF	30
4.4 VARIABLES FISIOLÓGICAS DE ESTUDIO EN LA ADAPTACIÓN AL ESTRÉS POR ALTAS TEMPERATURAS	31
4.4.1 Conductancia estomática	31
4.4.2 Depresión de la temperatura	33
4.4.3 Biomasa de la copa	33
4.4.4 Eficiencia fotosintética	34
4.4.5 Contenido de clorofila (SPAD)	35
4.4.6 Índice de partición a vaina (IPV)	35
4.4.7 Índice de cosecha de vaina (ICV)	36
4.4.8 Peso 100 semillas	37
4.4.9 Numero de semillas por metro cuadrado	38
4.4.10 Rendimiento	38

<b>5. HIPÓTESIS</b>	40
<b>6. DISEÑO METODOLÓGICO</b>	41
6.1 LOCALIDAD	41
6.2 TEMPERATURA	41
6.3 MANEJO AGRONÓMICO	41
6.4 MATERIAL VEGETAL	43
6.5 DISEÑO EXPERIMENTAL	43
6.6 VARIABLES DE RESPUESTA EVALUADAS	44
6.6.1 Días a floración	44
6.6.2 Días a madurez fisiológica	44
6.6.3 Contenido de clorofila de la hoja (SPAD)	44
6.6.4 Temperatura del dosel	44
6.6.5 Conductancia estomática	45
6.6.6 Eficiencia fotosintética	45
6.6.7 Biomasa de la copa	45
6.6.8 Índice de partición de vaina (IPV)	47
6.6.9 Índice de cosecha de vaina (ICV)	47
6.6.10 Peso de 100 semillas	47
6.6.11 Rendimiento de grano	47
6.7 ANÁLISIS ESTADÍSTICO	47
<b>7. RESULTADOS Y DISCUSIÓN</b>	49
7.1 DÍAS A FLORACIÓN	49
7.2 DÍAS A MADUREZ FISIOLÓGICA	51
7.3 CONDUCTANCIA ESTOMÁTICA	53
7.4 DEPRESIÓN DE LA TEMPERATURA	55
7.5 BIOMASA DE LA COPA	57
7.6 CONTENIDO DE CLOROFILA SPAD	59
7.7 EFICIENCIA FOTOSINTÉTICA	60
7.8 ÍNDICE DE PARTICIÓN A VAINA	62

<b>7.9 ÍNDICE DE COSECHA DE VAINA</b>	<b>65</b>
<b>7.10 NÚMERO DE SEMILLAS POR METRO CUADRADO</b>	<b>67</b>
<b>7.11 PESO DE 100 SEMILLAS</b>	<b>69</b>
<b>7.12 RENDIMIENTO DE GRANO</b>	<b>72</b>
<b>7.13. RELACIÓN ENTRE RENDIMIENTO Y VARIABLES MORFO-FISIOLÓGICAS Y DE PRODUCCIÓN</b>	<b>75</b>
 <b>8. CONCLUSIONES</b>	 <b>85</b>
 <b>9. RECOMENDACIONES</b>	 <b>87</b>
 <b>REFERENCIAS</b>	 <b>88</b>

## LISTA DE TABLAS

	Pág.
<b>Tabla 1.</b> Características importantes de 29 líneas SEF.	32
<b>Tabla 2.</b> Características de tipo de línea y hábito de crecimiento de 35 líneas de Frijol <i>Phaseolus vulgaris</i> L.	46
<b>Tabla 3.</b> Comparación de tamaño de semilla en condiciones normales y Condiciones de estrés en la evaluación de líneas SEF en condiciones de altas temperaturas.	71
<b>Tabla 4.</b> Coeficientes de correlación entre rendimiento y otras características morfo-fisiológicas de 29 líneas SEF, padres y testigos de <i>Phaseolus vulgaris</i> L.	76



## LISTA DE FIGURAS

	<b>Pág.</b>
<b>Figura 1.</b> Fase vegetativa y reproductiva con sus diez etapas respectivas.	26
<b>Figura 2.</b> Origen de líneas SEF. Cruces interespecíficos.	31
<b>Figura 3.</b> Parámetros de movilización de fotoasimilados de IPV e ICV.	37
<b>Figura 4.</b> Temperatura máxima y mínima promedio del periodo de cultivo de las líneas SEF en la granja CURDN Armero-Guayabal, Tolima.	42
<b>Figura 5.</b> Días a floración en la evaluación de líneas SEF de frijol común en condiciones de altas temperaturas en Armero-Guayabal, Tolima 2013.	50
<b>Figura 6.</b> Días a madurez fisiológica en la evaluación de líneas SEF de frijol común en condiciones de altas temperaturas en Armero-Guayabal, Tolima 2013.	52
<b>Figura 7.</b> Conductancia estomática en la evaluación de líneas SEF de frijol común en condiciones de altas temperaturas en Armero-Guayabal, Tolima 2013.	53
<b>Figura 8.</b> Depresión de la temperatura en la evaluación de líneas SEF de frijol común en condiciones de altas temperaturas en Armero-Guayabal, Tolima 2013.	56
<b>Figura 9.</b> Biomasa de la copa en la evaluación de líneas SEF de frijol común en condiciones de altas temperaturas en Armero-Guayabal, Tolima 2013.	57
<b>Figura 10.</b> Contenido de clorofila SPAD en la evaluación de líneas SEF de frijol común en condiciones de altas temperaturas en Armero-Guayabal, Tolima 2013.	59

<b>Figura 11.</b> Eficiencia fotosintética en la evaluación de líneas SEF de frijol común en condiciones de altas temperaturas en Armero-Guayabal, Tolima 2013.	61
<b>Figura 12.</b> Índice de partición a vaina en la evaluación de líneas SEF de frijol común en condiciones de altas temperaturas en Armero-Guayabal, Tolima 2013.	63
<b>Figura 13.</b> Relación entre IPV e ICV en la evaluación de líneas SEF de frijol común en condiciones de altas temperaturas en Armero-Guayabal, Tolima 2013.	64
<b>Figura 14.</b> Índice de cosecha de vaina en la evaluación de líneas SEF de frijol común en condiciones de altas temperaturas en Armero-Guayabal, Tolima 2013.	66
<b>Figura 15.</b> Número de semillas por m <sup>2</sup> en la evaluación de líneas SEF de frijol Común en condiciones de altas temperaturas en Armero-Guayabal, Tolima 2013.	68
<b>Figura 16.</b> Peso de 100 semillas en la evaluación de líneas SEF de frijol común en condiciones de altas temperaturas en Armero-Guayabal, Tolima 2013.	70
<b>Figura 17.</b> Rendimiento de grano en la evaluación de líneas SEF de frijol común en condiciones de altas temperaturas en Armero-Guayabal, Tolima 2013.	73
<b>Figura 18.</b> Relación entre tiempo a madurez fisiológica y el rendimiento en la evaluación de líneas SEF de frijol común en condiciones de altas temperaturas en Armero-Guayabal, Tolima 2013.	77
<b>Figura 19.</b> Relación entre biomasa de la copa y el rendimiento en la evaluación de líneas SEF de frijol común en condiciones de altas temperaturas en Armero-Guayabal, Tolima 2013.	79
<b>Figura 20.</b> Relación entre índice de partición a vaina y el rendimiento en la evaluación de líneas SEF de frijol común en condiciones de altas temperaturas	81

en Armero-Guayabal, Tolima 2013.

**Figura 21.** Relación entre índice de cosecha de vaina y el rendimiento en la evaluación de líneas SEF de frijol común en condiciones de altas temperaturas en Armero Guayabal, Tolima 2013.

82

## ANEXOS

	Pág.
<b>Anexo 1.</b> Prueba en R de normalidad de Shapiro-Wilks, homogeneidad de varianzas de Levene y prueba no paramétrica en INFOSTAT de Kruskal-Wallis de días a floración.	100
<b>Anexo 2.</b> Prueba en R de normalidad de Shapiro-Wilks, homogeneidad de varianzas de Levene y prueba no paramétrica en INFOSTAT de Kruskal-Wallis de días a madurez fisiológica.	104
<b>Anexo 3.</b> Prueba en R de normalidad de Shapiro-Wilks, homogeneidad de varianzas de Levene y prueba no paramétrica en INFOSTAT de Kruskal-Wallis de Conductancia estomática.	108
<b>Anexo 4.</b> Prueba en R de normalidad de Shapiro-Wilks, homogeneidad de varianzas de Levene y Análisis de Varianzas ANAVA en INFOSTAT de Depresión de la temperatura.	112
<b>Anexo 5.</b> Prueba en R de normalidad de Shapiro-Wilks, homogeneidad de varianzas de Levene y prueba no paramétrica en INFOSTAT de Kruskal-Wallis de Biomasa de la copa.	116
<b>Anexo 6.</b> Prueba en R de normalidad de Shapiro-Wilks, homogeneidad de varianzas de Levene y prueba no paramétrica en INFOSTAT de Kruskal-Wallis de Eficiencia fotosintética.	120
<b>Anexo 7.</b> Prueba en R de normalidad de Shapiro-Wilks, homogeneidad de varianzas de Levene y Análisis de Varianzas ANAVA en INFOSTAT de SPAD.	124
<b>Anexo 8.</b> Prueba en R de normalidad de Shapiro-Wilks, homogeneidad de	

varianzas de Levene y prueba no paramétrica en INFOSTAT de Kruskal-Wallis de Índice de Partición a Vaina.	128
<b>Anexo 9.</b> Prueba en R de normalidad de Shapiro-Wilks, homogeneidad de varianzas de Levene y prueba no paramétrica en INFOSTAT de Kruskal-Wallis de Índice de Cosecha de la Vaina.	132
<b>Anexo 10.</b> Prueba en R de normalidad de Shapiro-Wilks, homogeneidad de varianzas de Levene y prueba no paramétrica en INFOSTAT de Kruskal-Wallis de Número de semillas m <sup>2</sup> .	136
<b>Anexo 11.</b> Prueba en R de normalidad de Shapiro-Wilks, homogeneidad de varianzas de Levene y prueba no paramétrica en INFOSTAT de Kruskal-Wallis de Peso de 100 semillas (gr).	140
<b>Anexo 12.</b> Prueba en R de normalidad de Shapiro-Wilks, homogeneidad de varianzas de Levene y prueba no paramétrica en INFOSTAT de Kruskal-Wallis de Rendimiento (Kg/ha).	144
<b>Anexo 13.</b> Análisis de coeficientes de correlación de Pearson.	150